

マグネシウムの基礎

ものづくり基礎講座（第32回技術セミナー）
『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』

東北大学金属材料研究所

正橋直哉

masahasi@imr.tohoku.ac.jp

2012. Nov. 7 14:00~16:00



クリエイション・コア東大阪 南館3階 技術交流室A



マグネシウムの用途

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



バイオリン



カメラボディ



車いす



アタッシュケース



メガネ



ホイール



携帯電話ハウジング



時計



ノートパソコン筐体



自転車



ビアカップ

マグネシウムの用途 ノートPC

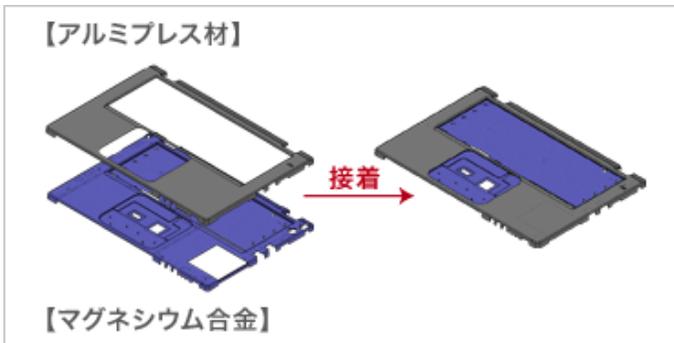
ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



世界最軽量^{※1}
約1.14kg^{※2}

<http://panasonic.jp/pc/products/ax2q/mobile.html>

材料



曲げ弾性率

Mgボディ	従来の樹脂ボディ
<p>Mg-Al-Zn マグネシウム・亜鉛</p> <p>Mg Al Zn</p> <p>アルミニウム</p>	<p>A: アクリロニトリル B: ブタジエン(ゴム) S: スチレン</p> <p>ABSで1つの材料</p>
<p>400,000kgf/cm²</p> <p>10kg</p>	<p>40,000kgf/cm²</p> <p>1kg</p>
<p>ABS樹脂と同じだけ歪ませるのに10倍の力が必要</p>	<p>歪みやすいので、強度を出す為にボディ(筐体)を厚く作らなければならない</p>

熱伝導率

<p>70W/m・K</p> <p>200倍の熱伝導率なので、LSIの熱も広がって放熱される</p>	<p>LSI 動作し始めると熱を持ちます</p>	<p>0.3W/m・K</p> <p>熱が一箇所にたまり、壊れない程度のLSIしか使えない</p>
--	------------------------------	---

http://jp.fujitsu.com/group/labs/techinfo/techguide/list/magnesium-housing_p03.html

マグネシウムの10の特性

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



1. **金属の中で最も軽い** ⇒ 比重は1.8で、Alの2/3、Tiの1/3、Feの1/4。
2. **薄肉でも高強度** ⇒ 比強度が高く、要求強度に対し部品の薄肉化、軽量化が可能。
3. **良好な放熱性** ⇒ 熱伝導性は150W/mkと優良で機器内部の熱を効率的に発散。
4. **安定した電磁シールド性** ⇒ 30~200MHz域で90~100dBのシールド効果。
5. **リサイクル性が高い** ⇒ Mgの再生エネルギーは製造時の5%でAlの3%に次ぐ。
6. **比熱が小さく、寸法安定性が良好** ⇒ 加熱され易く冷め易い。
7. **振動吸収に優れ、騒音減衰** ⇒ 振動吸収により製品ロングライフ化、騒音低減に寄与。
8. **耐くぼみ性が高い** ⇒ 加工硬化率が高いため変形抵抗が高く、衝撃でもへこみ難い。
9. **機械加工、切削加工が容易** ⇒ 切削抵抗が小さく、加工時間短縮、加工費節約に寄与。
10. **豊富な埋蔵資源** ⇒ クラーク数8番。地殻にも海水にも豊富に含まれる。

マグネシウムの性質



記号, 番号	Mg, 12
密度	1.738 g/cm ³
色	銀白色
結晶構造	六方最密構造
融点	650 °C
沸点	1090 °C
生成自由エネルギー	-980 kJ/mol
酸化数(酸化物)	2 (強塩基性)
蒸気圧	361 (923 K)
比熱容量	1020 J/(kg・K)
導電率	22.6 · 10 ⁶ /m Ω
熱伝導率	156 W/(m・K)
クラーク数	1.93 %

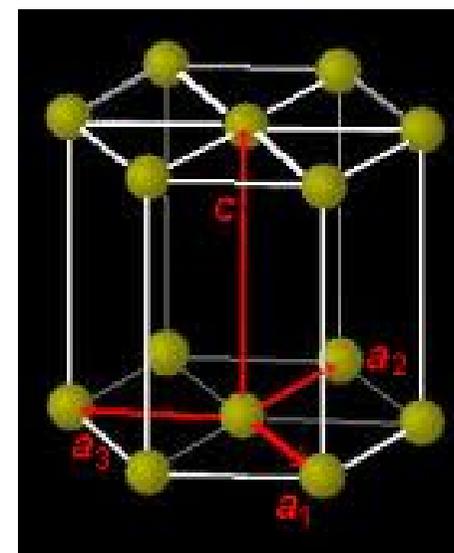
Alの2/3
の軽さ

Feの2倍
の酸素
親和性

地球上
で8番目
に多い



ウィキペディアより

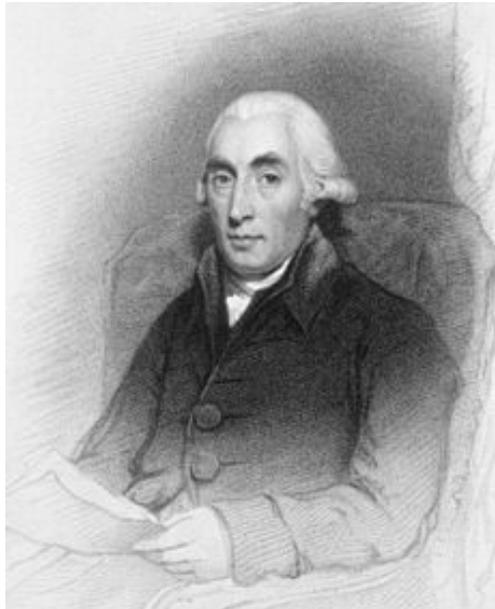


マグネシウムの発見

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



酸化マグネシウム確認



Joseph Black
(1728–1799)

1755年、 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ を熱分解してMgO生成し、CaとMgは違う物質であることを示す。

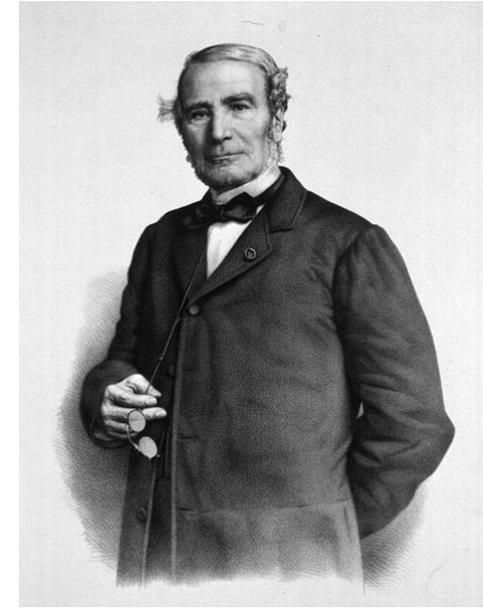
マグネシウム命名



Humphry Davy
(1778 –1829)

1808年、MgOとHgO混合物を電気分解し、Mgアマルガムを生成し、マグネシウムと命名。

マグネシウム単離



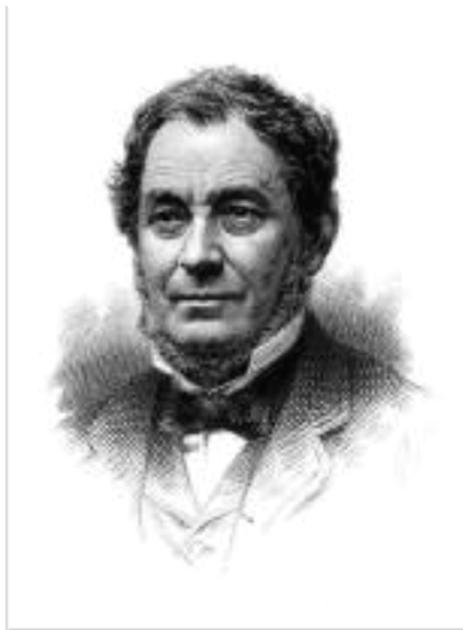
Antoine Alexandre Brutus Bussy
(1794–1882)

1831年、 MgCl_2 を金属カリウムで熱還元することで純Mgの塊を単独分離に成功。

マグネシウムの生産

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉

塩化Mgの電気分解



Robert Bunsen
(1811-1899)

1852年、 $MgCl_2$ を電気分解してMgを生成。照明や写真撮影への応用を提案する。

金属NaでMgの還元



Claire Deville
(1818-1881)

1857年、 $MgCl_2$ に CaF_2 を添加して、金属Naで $MgCl_2$ を還元して、Mg製造法を提案。

溶融塩電解による生産

1886年、溶融塩電解法により工業的に大量のMgの生産。

熱還元による生産(1937年)



Lloyd M. Pidgeon
(1903 - 1999)

マグネシウムの起源

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



マグネテス人が居住していたテッサリア地方から採掘された鉱石に因む

テッサリアからトルコに移住者の住む地域で採掘された鉱石に因む



マグネシウムの工業化

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



1880年頃

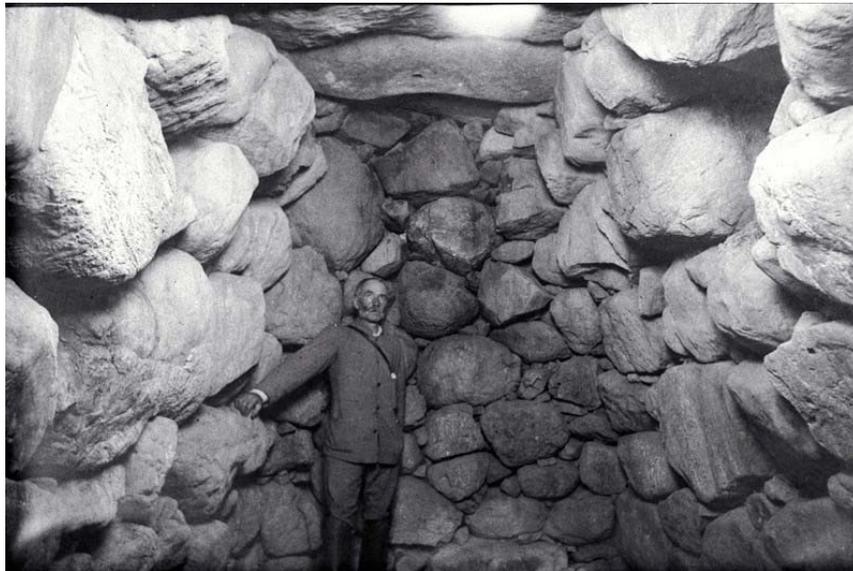
Mgは酸素と反応して閃光を発生し、弾丸・照明としてドイツで工業化

1894年

Mg-Al合金(マグナリウム)が開発され、発煙筒やマッチに実用

1909年

ドイツのエレクトロン社がMg-Zn-Al-Mn合金を機械部品用に開発



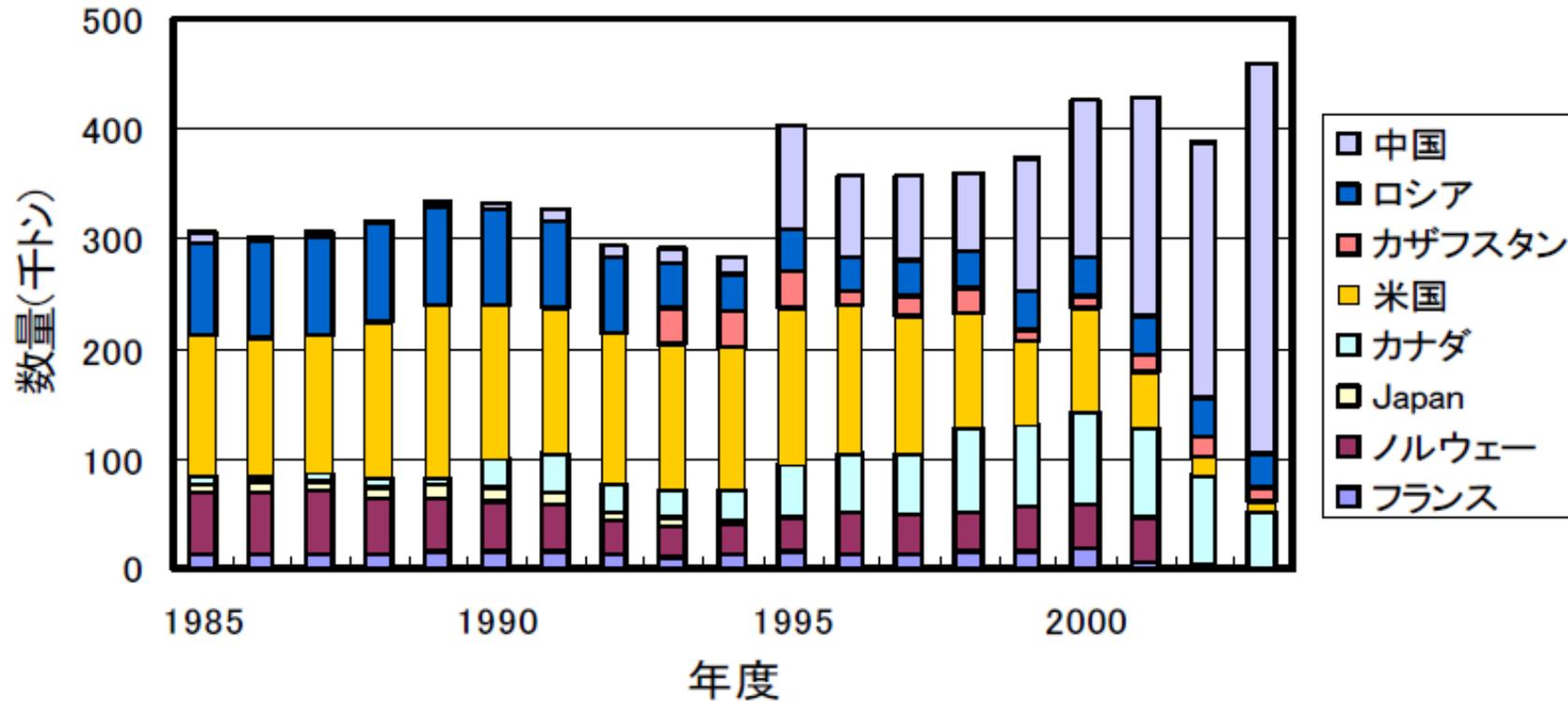
高槻塚原古墳石室内で1888年に撮影した写真:人物は英国人技師ガウランド



1800年代後半から使用された閃光粉と閃光器。手軽な人工光として普及

主要国のMg地金生産量推移

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



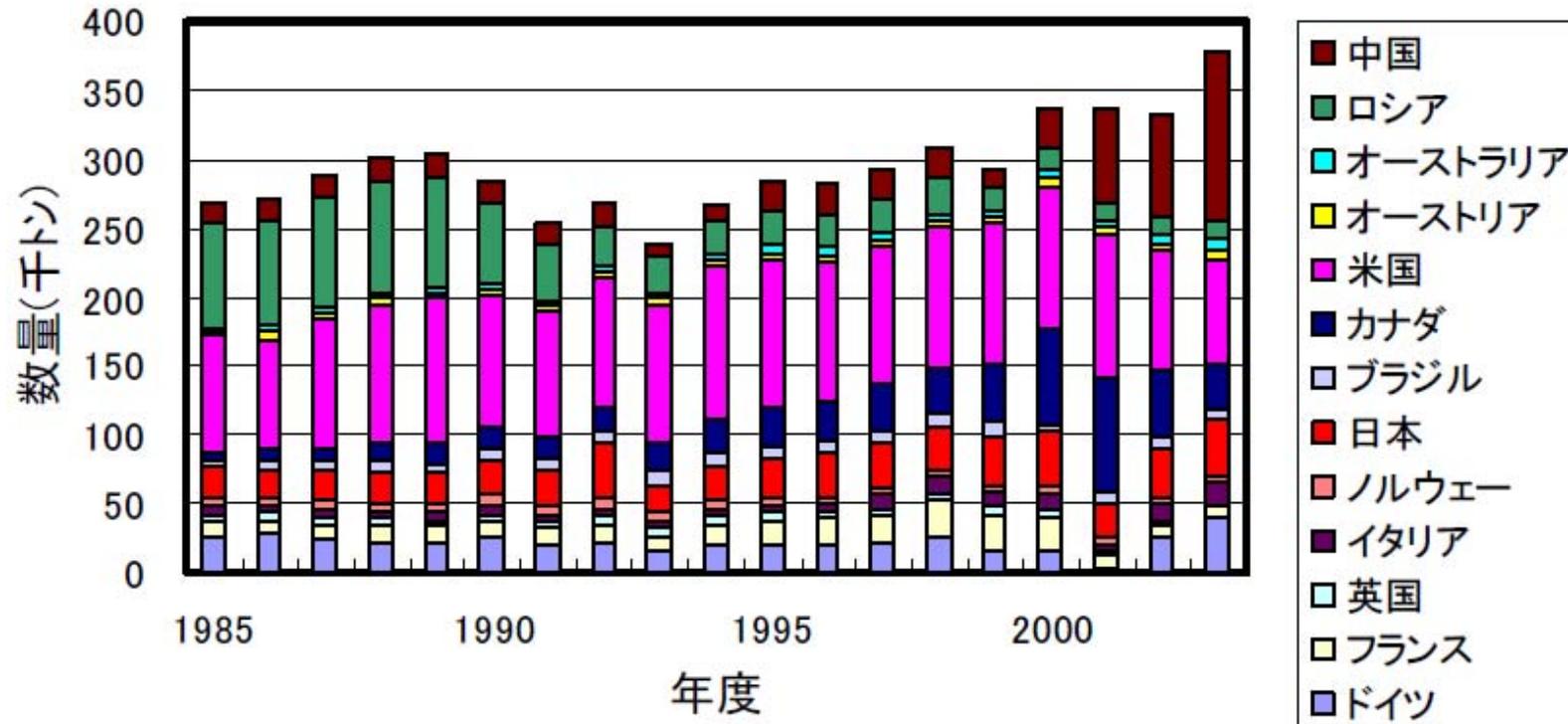
主要国のMg生産量推移
(1992までのロシア表示分はソビエト連邦(ロシア+カザフ))

出典: Metal Statics

- 2000年以降、米国・ロシアの生産は著しく縮小。
- 1999年以降、中国の台頭が著しく、2003年は世界の3/4を生産。

マグネシウムの需要動向

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉

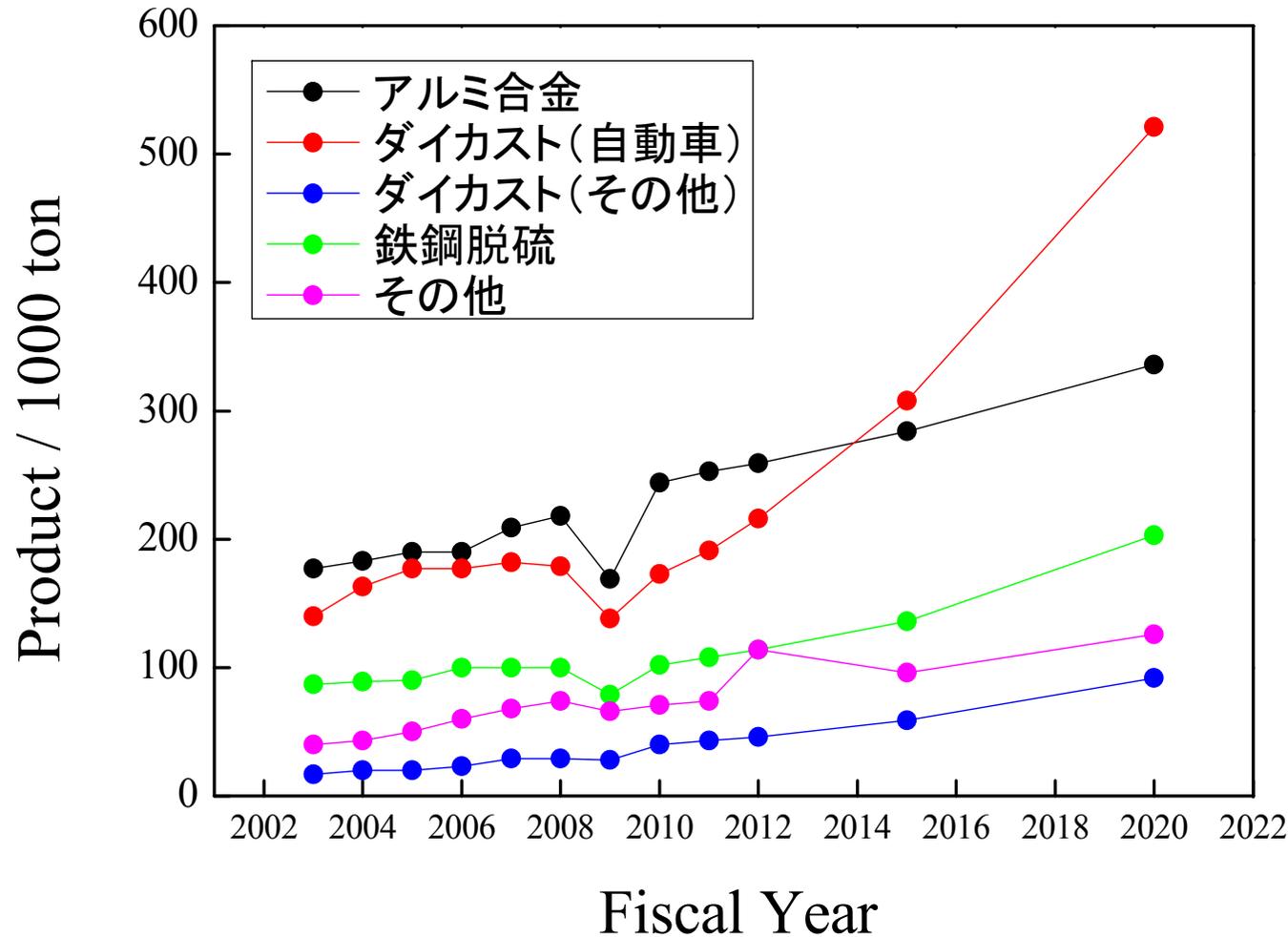


主要国のMg消費量推移

出典：Metal Statics

- ・世界的に需要量(消費量)は増加傾向にあり、最近5年では中国の増加が著しい。
- ・日本の需要増加は中国に比べ大きくはない(図は再生地金分含まず)。
- ・ロシア、アメリカの需要は最近10年で減少。

世界の用途別マグネシウム需要推移



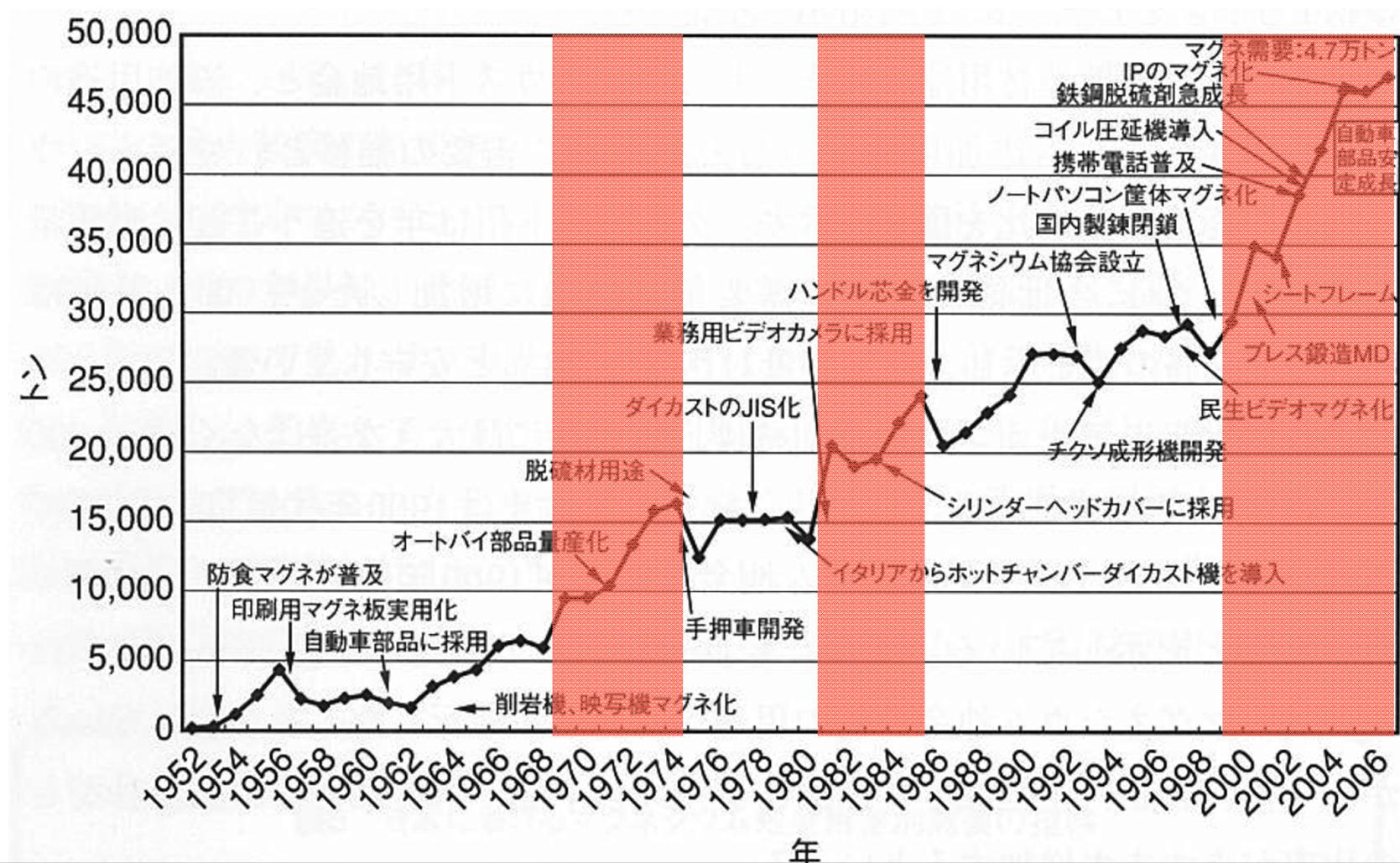
2011年以降は予測

出展: マグネシウム協会ホームページ

- ① Mgの需要は8年間で40%増加し、Alを主体とした合金添加材への用途が40%を占める。
- ② 今後、自動車用ダイカストをはじめとした構造材への需要拡大が予想される。

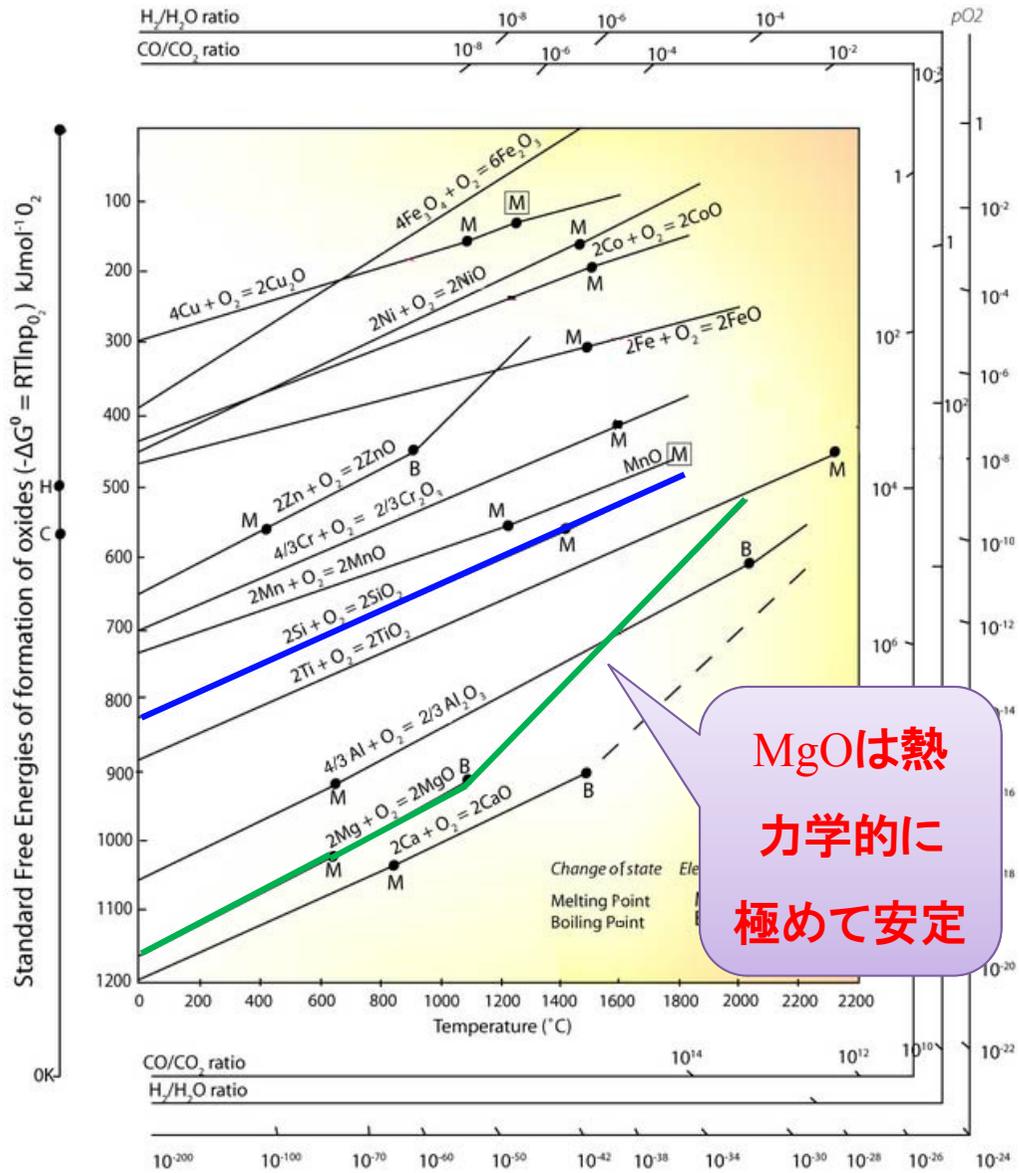


日本のマグネシウム地金需要推移



- ① Mgの地金需要はアップダウンを繰り返しながら増加している。
- ② 近年は成型加工技術発展により、自動車をはじめとした構造材への需要が増加。

マグネシウムの熱力学

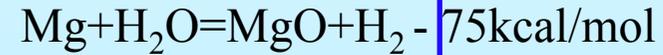


酸化反応



高温のMgが酸化すると閃光

水との反応

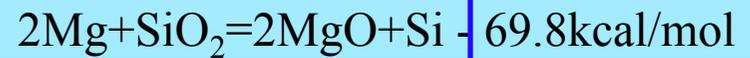


高温のMgと水が反応すると爆発

テルミット反応



シリカとの反応



マグネシウムの製錬 (1)



(1) 熔融塩電解法

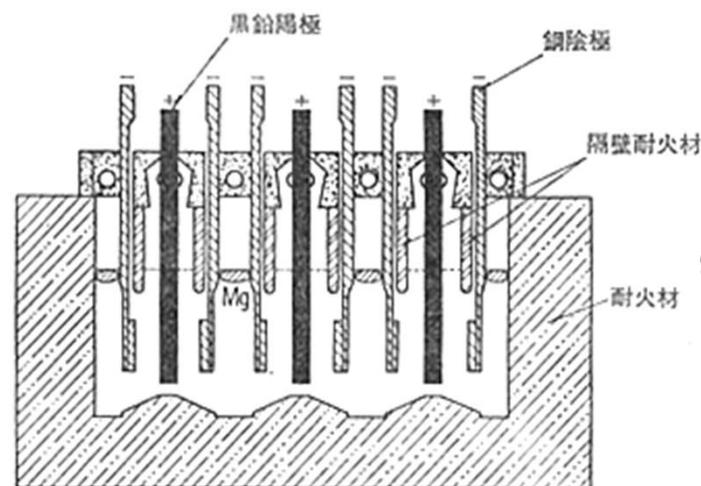
(A) IG 法(Alcan 法) 無水MgCl₂製造後に電解

- ① MgOの製造: $MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$
- ② MgCl₂の製造: $MgO + C + Cl_2 \rightarrow MgCl_2 + CO$
- ③ NaCl-KCl -CaCl₂ + (6-20%) MgCl₂ を電解

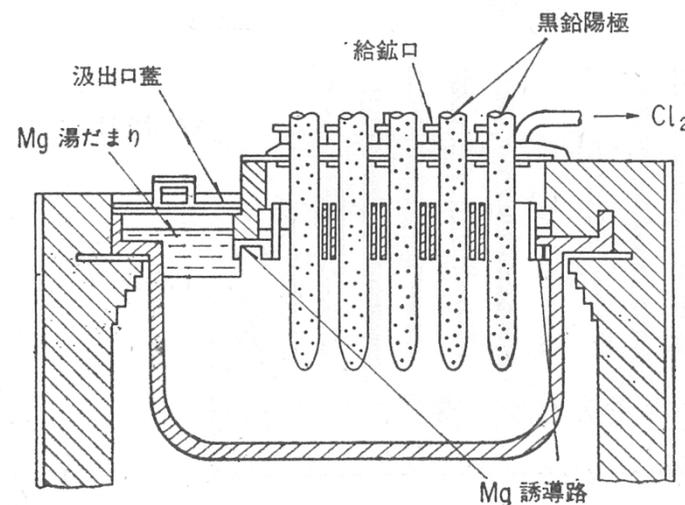
(B) Dow 法 MgCl₂·1.25H₂Oの製造後に電解

- ① 海水に石灰乳(Ca(OH)₂)を加えMg(OH)₂を沈殿・濾過後、HClを加え加熱・脱水により製造
- ② 黒鉛陽極と銅陰極間で電解

電解法はエネルギーとしての電気代が高く、必要となる炭素電極や塩素もコストがかかるため、現在ではほとんど使われていない。



IG電解炉の構造



Dow電解炉の構造

マグネシウムの製錬 (2)



(2) 熱還元法

ドロマイト鉱石($MgCO_3/CaCO_3$)を1270K以上に加
熱し、ケイ素鉄($Fe-(75-80\%)Si$)で還元する。



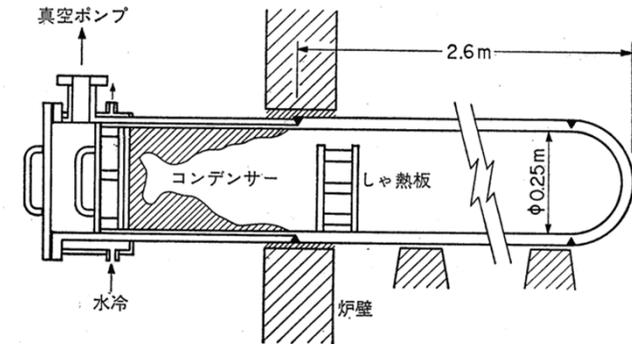
(A) 外熱式(ピジョン法)

円筒レトルト内に原料を挿入し、外部加熱で還元。
レトルト内の水冷コンデンサーでMgを凝縮。

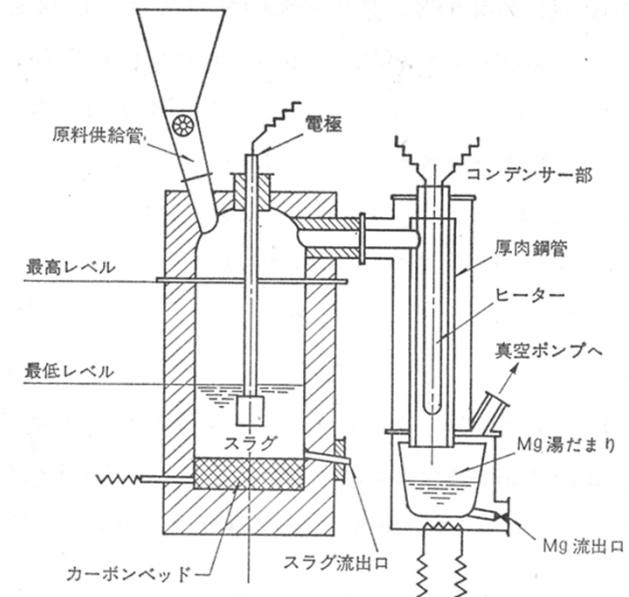
(B) 内熱式(スラグ利用内熱炉)

Al_2O_3 を原料に添加し、低融点スラグを生成させ、
スラグを1773K以上に加熱し還元。

ピジョン法は石炭を使用した高温加熱法のため、 CO_2 発生が問題。石炭の廉価な中国で採用され、全世界のMg生産量の約81%を同法で生産している。



ピジョン法の構造



IG電解炉の構造

合金元素の効果



合金名はASTMによる分類に准じ、5文字で表記する

AZ91D

1文字目**A**: 主要合金元素

⇒**Al**

2文字目**Z**: 主要合金元素

⇒**Zn**

3文字目**9**: 合金元素Aの重量%

⇒**Al9%**

4文字目**1**: 合金元素Zの重量%

⇒**Zn1%**

5文字目**D**: 開発された順番

⇒**4番目に開発**

元素	効果
Al (A)	固溶硬化・析出硬化。Al増加により伸び・衝撃値は低下。鋳造性と耐食性は改善
Mn (M)	耐食性の改善
Zn (Z)	鋳造性、強度の改善
Ag (Q)	耐熱強度の改善
Ca (X)	クリープ強度改善、燃焼防止
Th (H)	Zrとの共存で結晶粒微細化
Si (S)	クリープ強度の改善
Zr (K)	結晶粒微細化
RE (E)	機械的性質の改善
Y (W)	Zrとの共存で結晶粒微細化

元素の後のカッコ内の記号は含有元素記号

鑄造用Mg合金



表6-2 鑄造用マグネシウム合金の化学組成 (質量%)

合金系	ASTM記号	JIS記号	Al	Zn	Mn	Zr	RE	Th	その他
Mg-Al	AM100A	MC5	9.3 ~10.7	<0.30	0.10 ~0.5	—	—	—	—
	AZ63A	MC1	5.3 ~6.7	2.5 ~3.5	0.15 ~0.6	—	—	—	—
	AZ81A	—	7.0 ~8.1	0.40 ~1.0	>0.13	—	—	—	—
Mg-Al-Zn	AZ91C	MC2	8.1 ~9.3	0.40 ~1.0	0.13 ~0.5	—	—	—	—
	AZ91A	MDC1A	8.3 ~9.7	0.35 ~1.0	>0.15	—	—	—	Cu<0.10
	AZ91B	MDC1B	8.3 ~9.7	0.35 ~1.0	>0.15	—	—	—	Cu<0.35
	AZ92A	MC3	8.9 ~9.7	1.6 ~2.4	0.10 ~0.5	—	—	—	—
Mg-Zn-Zr	ZK51A	MC6	—	3.6 ~5.5	—	0.50 ~1.0	—	—	—
	ZK61A	MC7	—	5.5 ~6.5	—	0.60 ~1.0	—	—	—
Mg-Zn-RE	EZ33A	MC8	—	2.0 ~3.1	—	0.50 ~1.0	2.5 ~4.0	—	—
	ZE41A	—	—	3.5 ~5.0	>0.15	0.40 ~1.0	0.75 ~1.75	—	—
Mg-Th	HK31A	—	—	<0.30	—	0.50 ~1.0	—	2.5 ~4.0	—
	HZ32A	—	—	1.7 ~2.5	—	0.50 ~1.0	—	2.5 ~4.0	—
	ZH62A	—	—	5.2 ~6.2	—	0.50 ~1.0	—	1.4 ~2.2	—
Mg-Ag	QE22A	—	—	—	—	0.40 ~1.0	1.8 ~2.5	—	Ag 2.0 ~3.0
Mg-Al-Si	AS41A	—	3.5 ~4.0	<0.12	0.20 ~0.50	—	—	—	—
Mg-Zr	K1A	—	—	<0.30	—	0.50 ~1.0	—	—	—

Mg₁₇Al₁₂の時効硬化。Al増加により、強度と靱性が向上(耐食性は劣化)

Mg₁₇Al₁₂かMg₃₂(Al, Zn)₄₉の時効硬化。Mg-Alより高強度。

Znの固溶硬化、MgZn析出硬化、Zr微細化により高強度。

RE(主としてCe)添加によりMg₁₂Ce析出によりクリープ強度が高い。

Th添加により、Mg-Zn-RE系よりも高いクリープ強度を持つ。

(注)RE: 希土類元素, Mgはすべて残部。

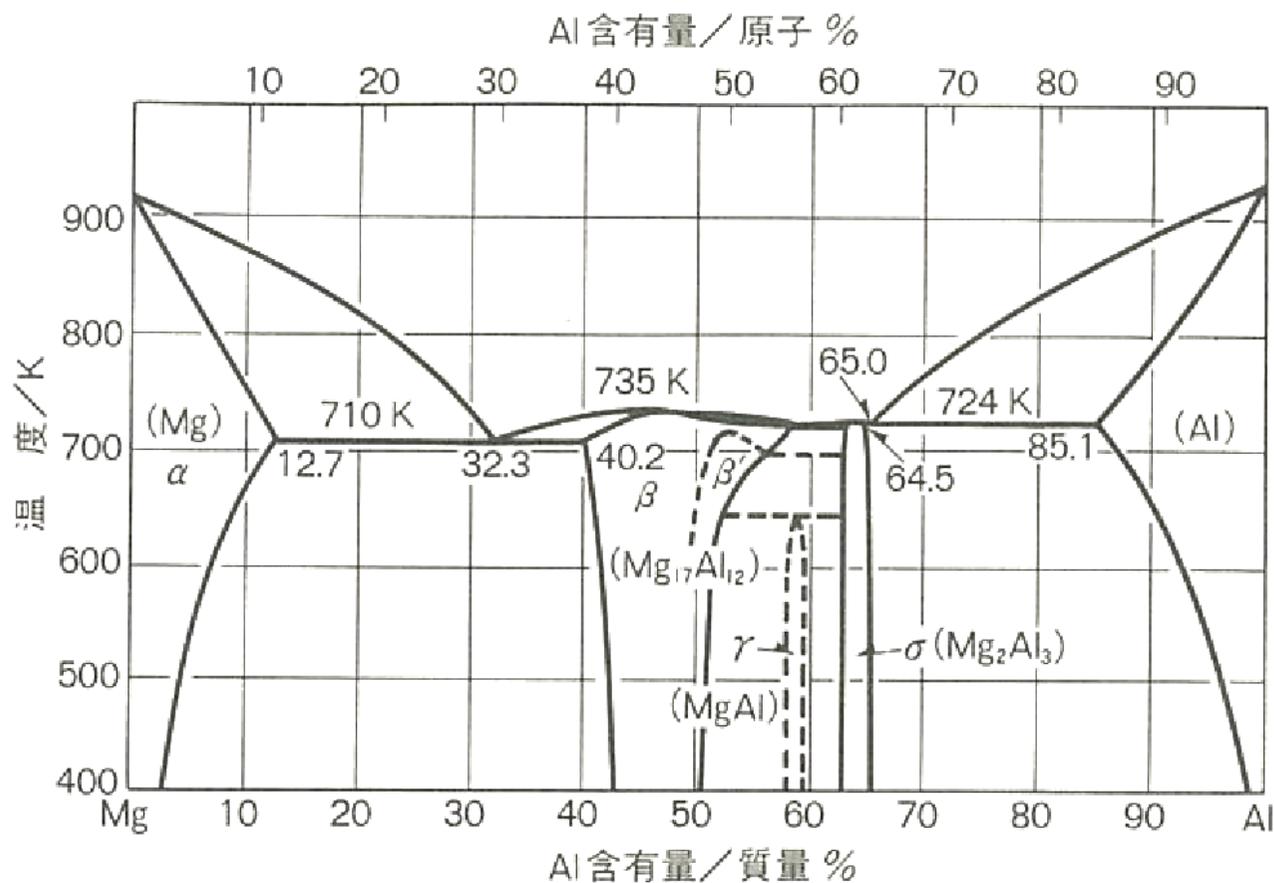
Mg合金展伸材の機械的性質

- ① Mg-Mn系(AM100A):Mn添加で耐食性改善、強度は低い。
- ② Mg-Al-Zn系(AZ31B、AZ61A):冷間加工により強度と靱性が高く、耐食性も良い。
- ③ Mg-Zn-Zr系(ZK60A):Zr添加により微細化し、強度/比重の値(比強度)が高い。

区分	合金	質別	引張り強さ (MPa)	0.2%耐力 (MPa)	伸び (%)	かたさ HB	せん断強さ (MPa)
押出し棒材	AZ31A(MB1)	F	245	147	10	49	126
	AZ61A(MB2)	F	275	167	10	60	137
	AZ80A(MB3)	F	294	196	9	60	147
		T5	336	226	4	82	167
	M1A	F	216	—	3	44	126
	ZK60A(MB6)	F	294	216	5	75	167
		T5	304	245	4	82	176
押出し管形材	AZ31B(MT,MS1)	F	216	108	8	46	—
	AZ61A(MT,MS2)	F	245	108	7	50	—
	M1A	F	196	—	2	42	—
	ZK60A(MS6)	F	275	196	5	75	—
		T5	314	265	4	82	—
圧延板材	AZ31C(MP1)	F	216	108	8	52	—
	AZ31B	H26	265	196	4	73	157
		H24	255	176	6	—	—
		O	216	108	12	56	147
	HK31A	H24	235	177	4	57	147

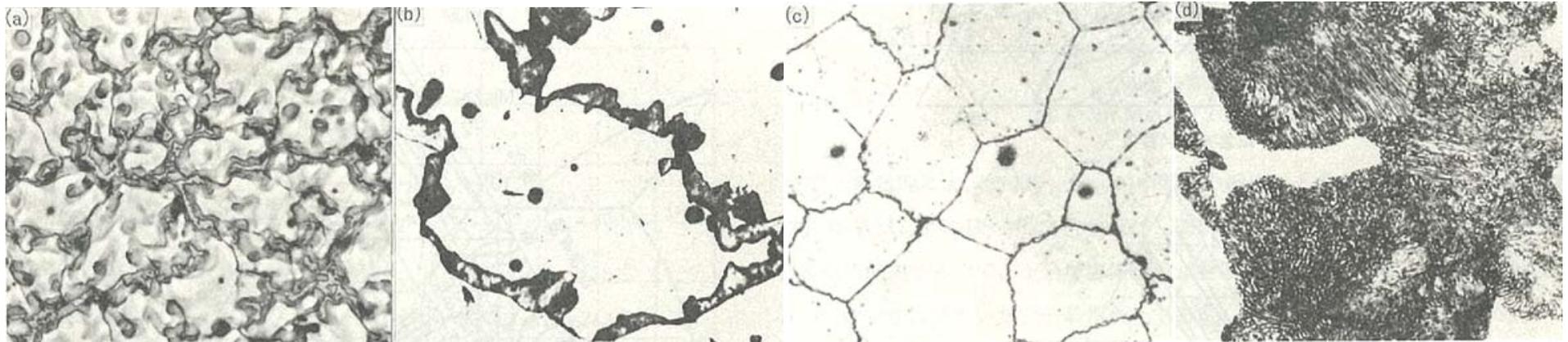
Mg-Al二元状態図

Mgに対してAlは12.7%固溶し、さらに高くなると共晶反応により β -Mg₁₇Al₁₂を析出し、固溶硬化と析出硬化により高強度化が可能。また靱性にも優れるため代表的な合金。



AZ91合金の組織

広くMg casting alloyとして用いられる。 α -Mgと β -Mg₁₇Al₁₂の共晶により機械的性質が良く、
 casting materialの健全性も優れるが、耐食性に劣る。



- (a) 铸造組織： α -Mg(固溶体)の粒界に、 α -Mgと β -Mg₁₇Al₁₂の共晶が晶出する。
- (b) 溶体化組織：均質化により粒界共晶組織は安定化する。
- (c) 析出組織：焼き戻しによりMg₁₇Al₁₂が α -Mg粒界に不連続析出し、粒内にも析出する。
- (d) (c)の拡大：Mg₁₇Al₁₂共晶がパーライト状に析出している。



① Al合金への添加(60.7%)

MgはAl中の固溶度(14.9 at.%)が高く、固溶強化により高強度化が可能。

② 鉄鋼脱硫(28.6%)

鋼の加工性を劣化する硫黄を除去(CaOに比べ脱硫限界は1/1000)。

③ 球状黒鉛鑄鉄(8.9%)

Mg添加により微細な黒鉛が析出し、高強度・高靱性に寄与。

④ スポンジチタン製造(1.8%)

四塩化チタンをMgで還元(クロール法)。

アルミニウム合金展伸材

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第四回 アルミニウム』
2012. July.26 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



JIS規格	合金	特徴	材料科学的な意味
1000系	Al	展延性、溶接性、耐食性	低強度用
2000系	Al-Cu(-Mg)	強度、切削性	Cu:析出硬化(ジュラルミン)
3000系	Al-Mn(-Mg)	高強度、耐食性、成形性	Mn:再結晶温度を増加
4000系	Al-Si(-Cu-Mg-Ni)	耐摩耗性、耐熱性	Si:熱膨張率低減、耐熱性向上
5000系	Al-Mg	成形性、溶接性、耐塩性	Mg:固溶強化
6000系	Al-Mg-Si	強度、耐食性	Mg ₂ Si:析出硬化
7000系	Al-Zn-Mg(-Cu)	強度	MgZn ₂ , Mg ₃₂ (Al,Zn) ₄₉ :析出硬化

A B C D - X Y ← X=Hの時、Y=1n:加工硬化のみ、2n:加工硬化後軟化熱処理、3n:加工硬化後安定化処理
 X=Tの時、Y=2:寸法安定化熱処理、3:溶体化後冷間加工、4:溶体化後自然時効、
 5:急冷後時効、6:溶体化後時効、7:溶体化後安定化、8:溶体化後冷間加工・時効
 F:製造まま、O:焼鈍し材、H:加工硬化材、T:熱処理材(時効)

基本合金は0、改良合金の順に1~9(日本で開発され国際規格にないものはN)

マグネシウムの安全性

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



- ①Mgは炭酸ガスや亜硫酸ガス、湿気と反応して、酸化物、硫化物、水酸化物の皮膜を生成。
- ②Mgは大気と反応すると閃光を発生して燃焼し、MgOを形成。
- ③N₂と反応しMg₃N₂を形成し、水と反応して高熱を発生。
- ④燃焼中のMgに水が触れると水を分解し、H₂とO₂を発生して爆発を起こし、Mgの燃焼を加速させる。
- ⑤水を含む切りくずや微粉は裸火により容易に着火し、水を分解してH₂とO₂を発生し激しく燃焼する。
- ⑥酸化鉄に溶湯が触れると激しく反応する。(テルミット反応)
- ⑦高温水や塩化物を含む水溶液中では水と反応し、水素ガスを発生しながらMg(OH)₂を形成する。

洗剤入れたアルミ缶破裂

丸ノ内線の事故

東京メトロ丸ノ内線の本郷三丁目駅（東京都文京区）で20日未明、缶が破裂しけが人が出た事故は、強アルカリ性の業務用洗剤を入れたアルミ缶が原因だったことが、警視庁への取材でわかった。アルミとアルカリ性物質が化学反応を起こし、水素ガスが発生して破裂したと警視庁はみている。

本郷土署と東京消防庁によると、飛び散った液体を浴びるなどした男女16人が被害を訴え、缶を持っていた20代女性を含む20〜40代の男女9人が病院に運ばれた。9人は腕や手にやけどを負ったが、いずれも軽傷だった。缶を持っていた女性は警視庁の捜査で、丸ノ内線本郷三丁目駅は、手当てを受ける人たちが騒然といた。20日午前0時56分、東京都文京区、遠藤喜利撮影

丸ノ内線本郷三丁目駅は、手当てを受ける人たちが騒然といた。20日午前0時56分、東京都文京区、遠藤喜利撮影

詰め替え危険

強アルカリ+アルミ=水素ガス発生

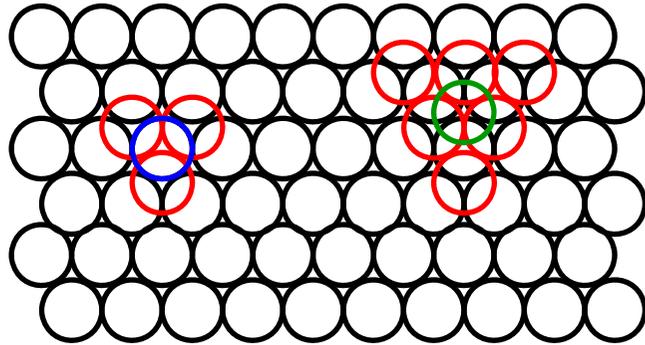
警視庁と東京消防庁による捜査で、女性が持ち込んだ洗剤は業務用の強力洗剤で、主な成分は水酸化ナトリウムや水酸化カリウム、強いアルカリ性を示す。このアルミニウムと化学反応して水素が発生したことが、破裂につながったと見ている。神戶大学の持田智行教授（物性化学）は「水酸化ナトリウムは劇物で取り扱いには注意が必要だ。密閉容器内で化学反応が進むと水素が充満して内圧が高まり、とても危険だ」と話す。洗剤を扱う業者や専門家は、容器の移し替えの危険性を指摘する。業務用洗剤を扱う関東地方の卸業者によると、この洗剤は通常のひとい部分の洗浄に使われるという。洗剤が金属と化学反応を起こす可能性があるため、注意しているという。

この業者は「家庭用の商品よりも強力な、専用の容器に入れるのが原則だ。アルミに入れたらダメ」と注意書きもついているという。

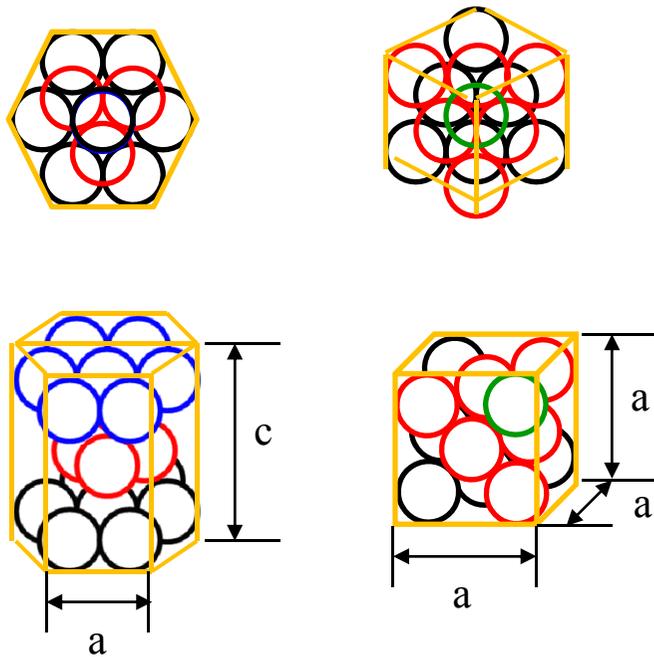
警視庁は「家庭用の商品よりも強力な、専用の容器に入れるのが原則だ。アルミに入れたらダメ」と注意書きもついているという。

消費生活アドバイザーの岡部柳さんは、業務用洗剤だけでなく、台所や風呂掃除向けの家庭用洗剤でもアルカリ性の強いものがあるという。「家庭用洗剤でも詰め替えはせず、専用容器に入れて、取り扱いは十分注意して」と話す。

結晶異方性

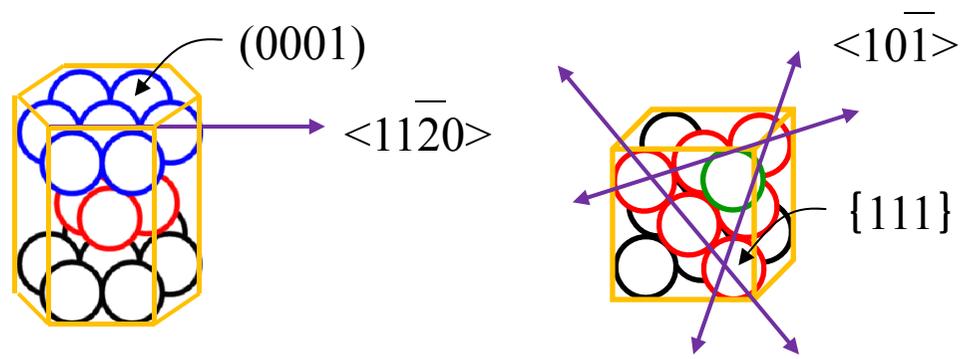


結晶は最密面ほど凹凸が少なく滑り抵抗が小さく滑り面となる。また滑り面内で、最も密に原子が並んだ方向に滑りやすい。



六方最密充填構造 (HCP)

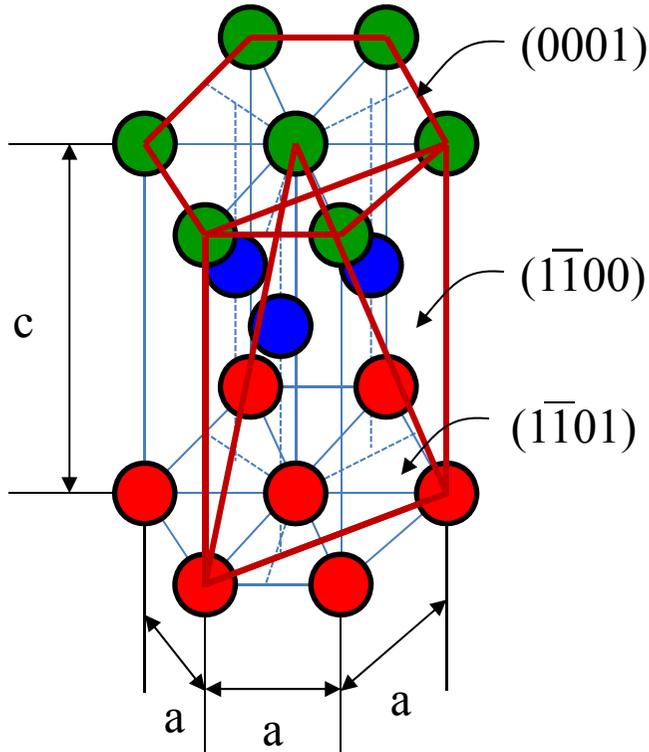
面心立方格子構造 (FCC)



HCPの滑り面は1種類しかないがFCCは4種類あるため、滑りの頻度は高い

HCPは変形させにくい

マグネシウムの塑性変形



$c/a \geq 1.633$: (0001) 充填率 > $(11\bar{0}0)$ $(11\bar{0}1)$ 充填率

→ (0001) 滑りがおこりやすい

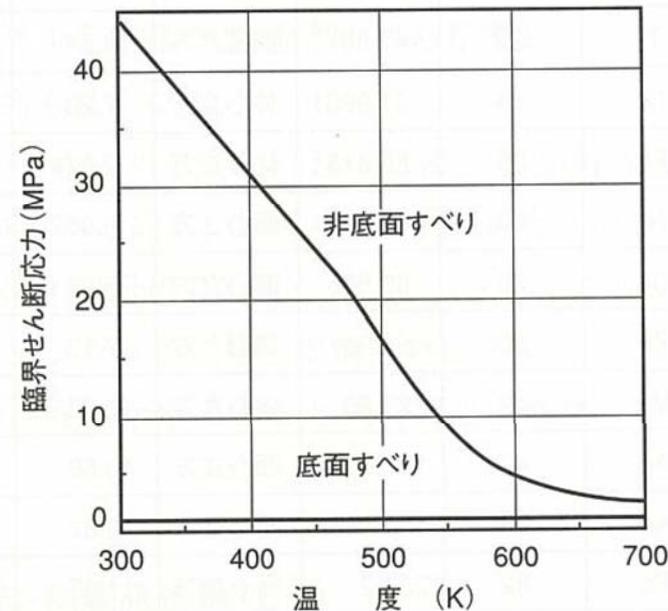
$c/a \leq 1.633$: (0001) 充填率 < $(11\bar{0}0)$ $(11\bar{0}1)$ 充填率

→ $(11\bar{0}0)$ $(11\bar{0}1)$ 滑りがおこりやすい

Mgのc/aは1.624で非底面滑りがおこりやすい

理想的なHCP結晶では、高さcと底面の原子間距離aの比は正四面体の高さの2倍と稜の長さの比に等しい

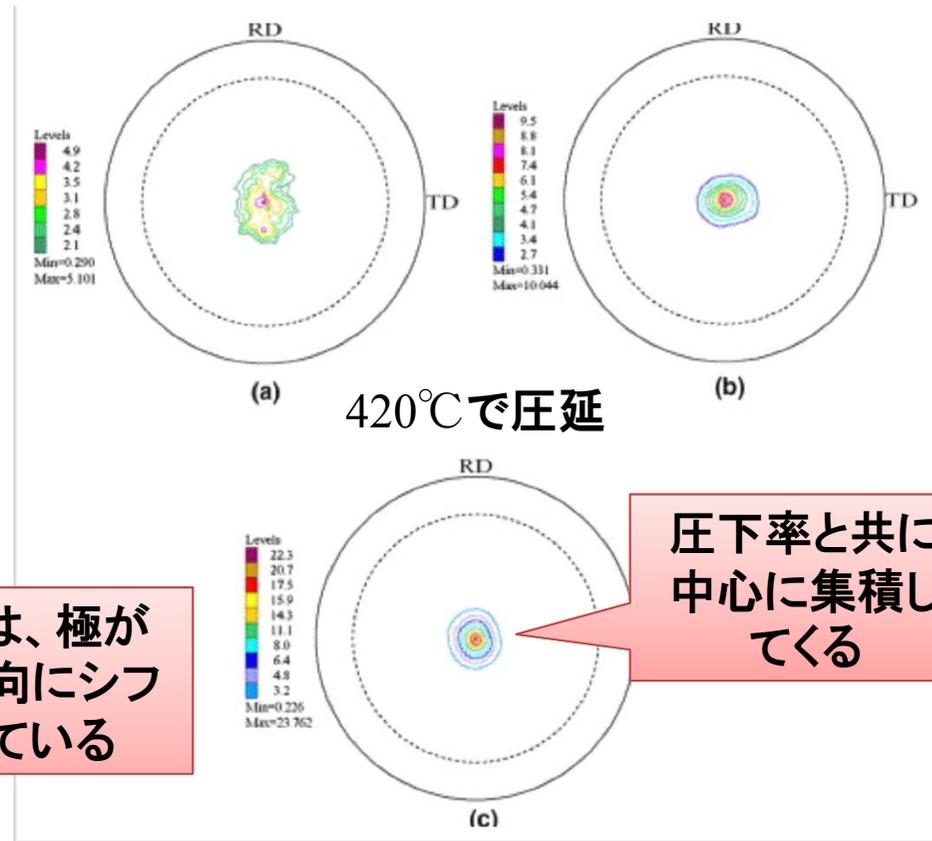
$$\frac{c}{a} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = 1.633$$



マグネシウムの圧延

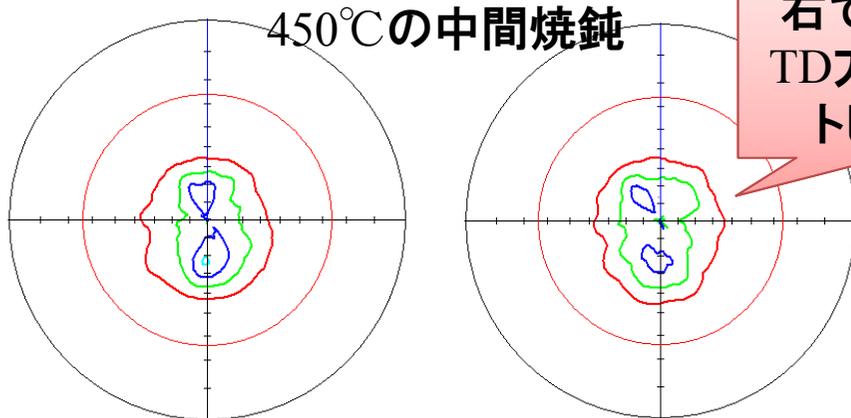


- ① 室温でのすべり系は底面(0002)
<1120>のみで、圧延は15%が限界。
- ② 加熱することで、底面以外のすべり面が活性化し、圧延が可能。
- ③ 長手方向の圧延と直角方向の圧延によるクロス圧延で圧延が可能。



右では、極がTD方向にシフトしている

圧下率と共に中心に集積してくる



450°Cの中間焼鈍
AZ31の(0 0 0 2) 極点図
(通常の圧延(左)、クロス圧延(右))

AZ31の(0 0 0 2) 極点図
(加工率 (a) 20%, (b) 50% and (c) 83%)

Scripta Materialia, 55 (2006) 843–846

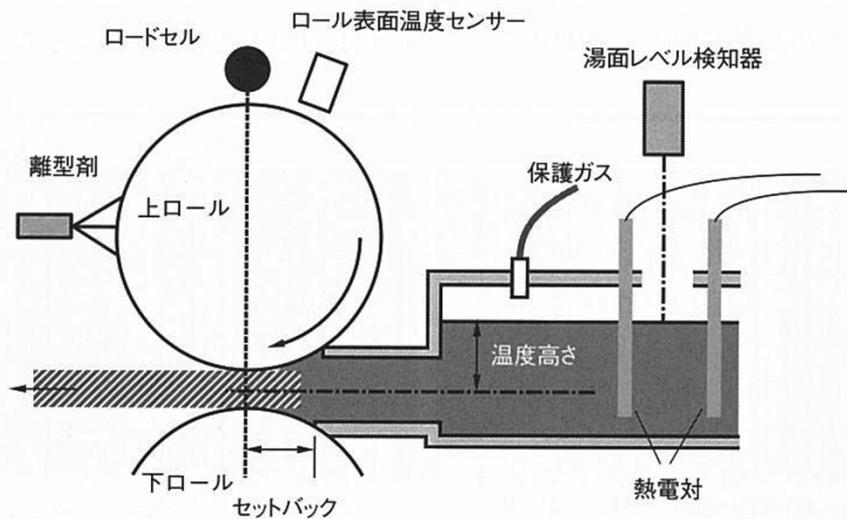
溶湯圧延



【概略】 炉からタンディッシュに移湯された溶湯は、耐火物製のノズルを介してロール間隙に供給され、ロールへの接触時に、抜熱による熱伝達で冷却・凝固され、ロール出側でシート状にカットまたはコイル状に巻き取られる。

【特徴】 板厚は溶湯温度、セットバック、ロール周速に影響を受け、ロール周速が遅くなるほど厚い。Mgは活性なため、発火を抑えるために不活性ガスを流入する。

板厚5mm、板幅450mm
のAZ31合金鋳造板



双ロール材の外観



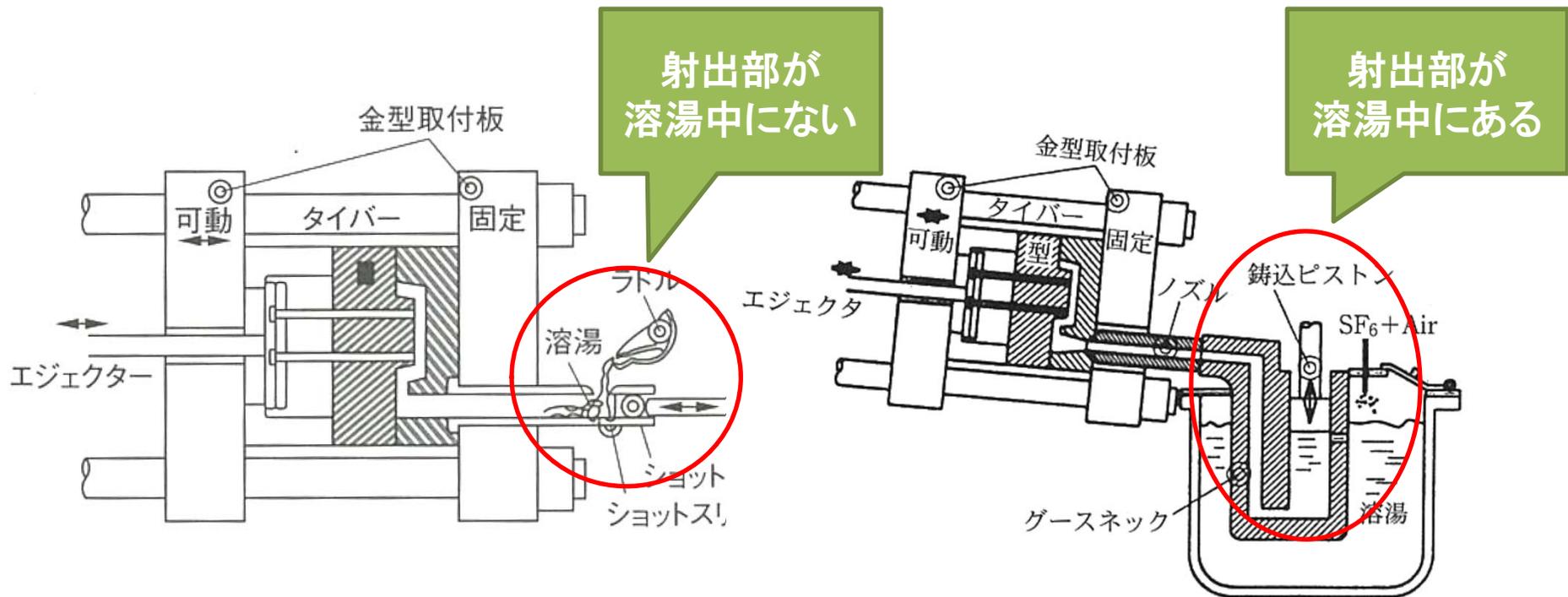
www.nedo.go.jp/content/100082459.pdf

ダイカスト法



【概略】 シリンダー内に溶湯を注入し、高速・高圧で金型に鑄造する方法。生産性・量産性に優れ、複雑成型が可能で、薄肉化による軽量化が可能。

【特徴】 溶解エネルギーが節減でき、ショットサイクルが短縮する。また金型鑄命が長く、生産性が良い反面、SF6ガスを使用するため環境負荷が大きい。



コールドチャンバーダイカスト

ホットチャンバーダイカスト

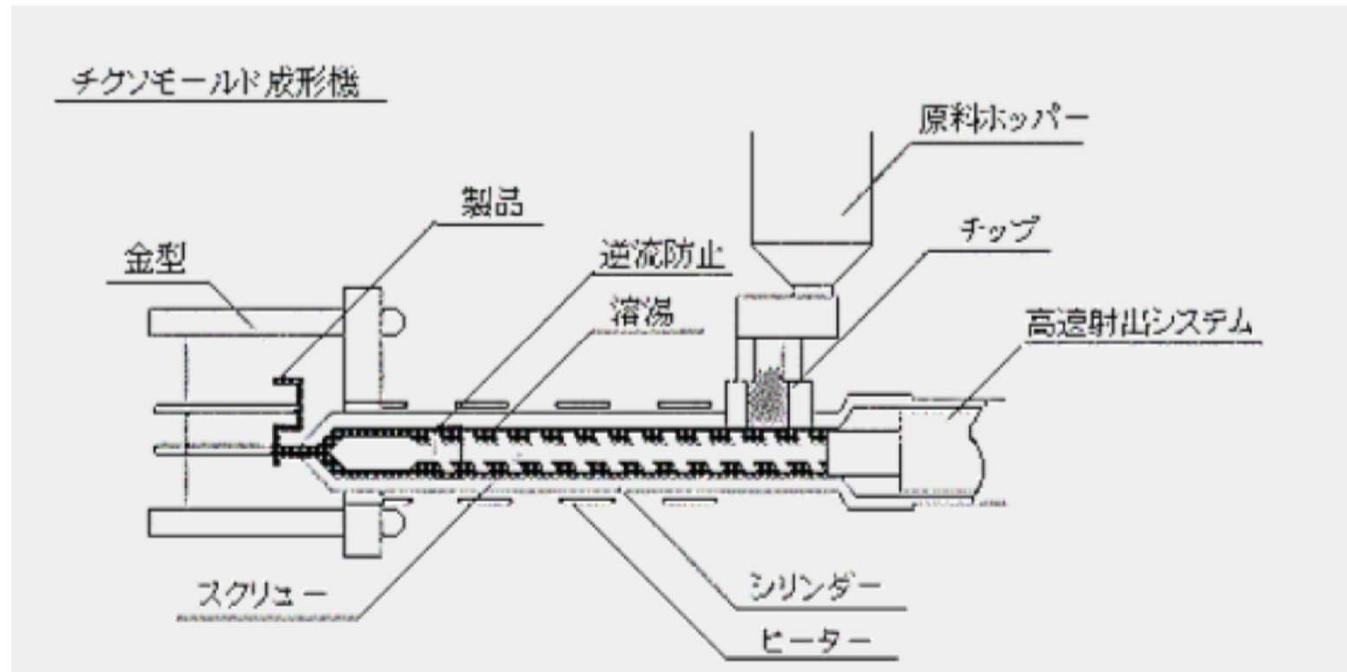
チクソモールディング法

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



【概略】 Mg合金チップをシリンダー内で半溶融状態まで加熱し、スクリューで攪拌してスラリー状としノズルから射出成形する。

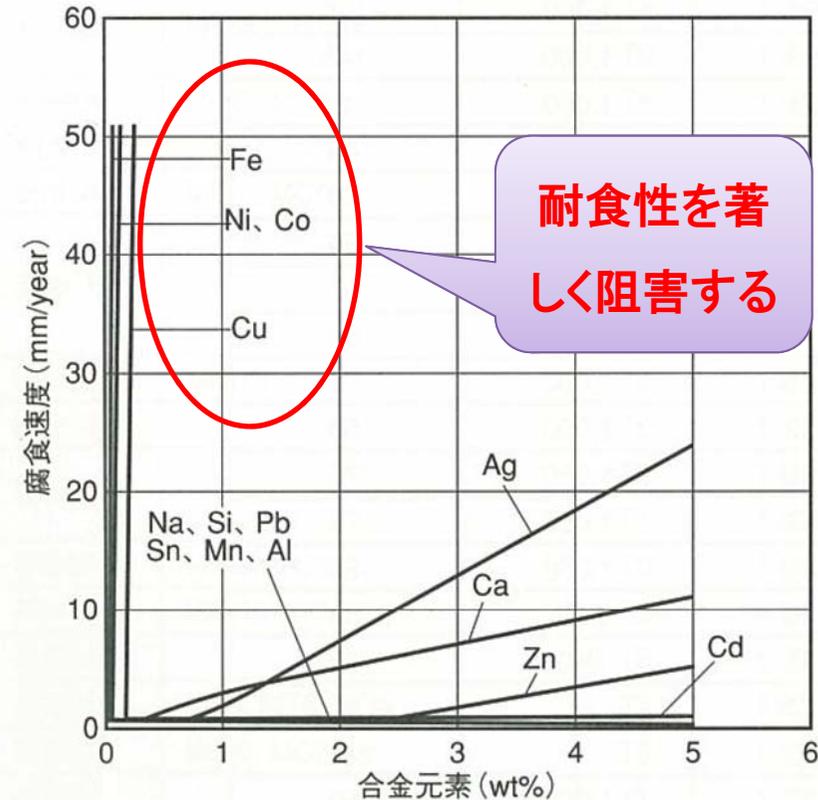
【特徴】 材質は未溶融固相に依存し、成形温度の管理が重要。ダイカストでは得られない0.6~0.8mm 厚製品の製造可能でSF6ガスは不要。コスト高。



マグネシウムの耐食性



- ① 電位は卑で耐食性は悪い。
- ② 活性金属で空気、水、化学薬占と接触すると腐食される
- ③ 常温では $Mg(OH)_2$ と $CaCO_3$ の混合皮膜を生成し、暴食される。
- ④ 耐食性はMg純度に依存し、特にFe、Ni、Coは耐食性を著しく阻害する。
- ⑤ アルカリ水溶液には侵されないが、酸や塩類の水溶液には侵される。
- ⑥ 防食には、化成処理や陽極酸化処理、めっき、塗装が有効



3%食塩水中におけるMgの耐食性に及ぼす合金元素の影響

マグネシウムの表面処理

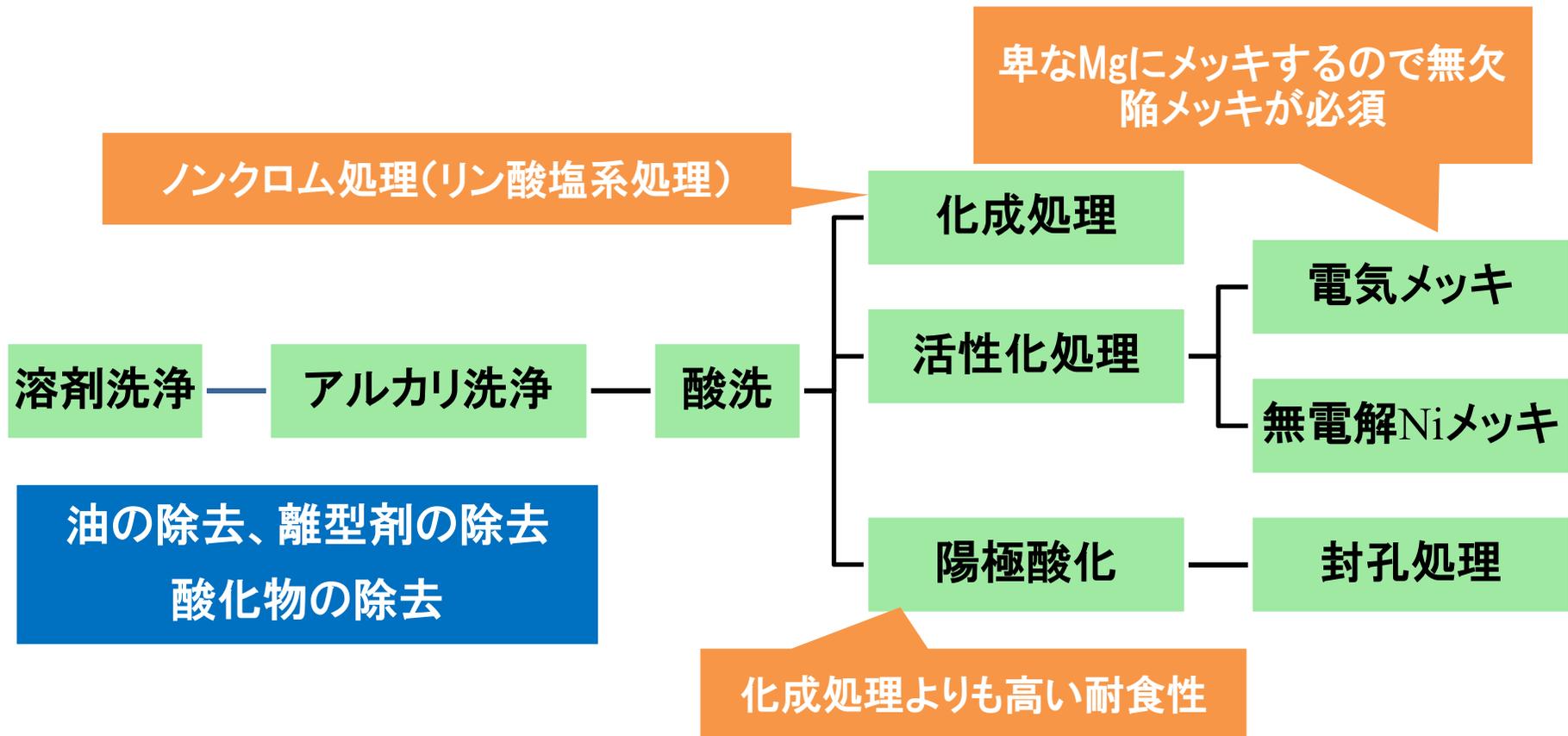
ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



【目的】 表面酸化防止。塗装下地。選択的腐食防止。

【表面処理法】 化成処理、陽極酸化処理がほとんどで、処理後に塗装される。

【Mg特有の問題】 多くはAZ91Dダイカスト材やチクソモールド成形材で、素材に鑄巣や湯じわなどの欠陥や離型剤などが存在し、処理が難しい。



マグネシウム合金のロードマップ

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
 2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



西暦年	2000	2005	2010	2015	2020	2025
技術的トレンド	ドイツの独走	国産技術の創製・基本技術確立	新規技術の創製・技術輸出	国産技術の産業界への普及	新規産業の創製	
マイルストーン	耐熱化	大型電気機器筐体への適用	工業用ロボットへの適用	リサイクルシステムの確立	輸送機器への適用	
スケジュール等	耐熱性	120°C → 180°C → 200°C	省資源性・リサイクル性			資源戦略
鑄造材	コスト 50%	高品質 1	90% (歩留まり)	0.01cc/100g (鑄造欠陥:ガス量)	開発技術の実用化(部材製造への適用)	成型加工技術
展伸材	薄板材価格(円/kg)	6000	2000	1000	圧延・押出製造技術への適用	
表面処理	耐食性	塩水噴霧試験 1ヶ月	3ヶ月	表面処理・開発技術の実用化(部材製造への適用)		表面処理
環境	SF6ガスの代替技術	代替ガスの開発研究				
安全・法整備			材料の国際標準規格の提案・国際標準規格策定			軽量構造材
実用化		福祉機器 (フレーム:車椅子・小型電気自動車)	福祉機器 (携帯電話、MDプレーヤー)(大型プラズマTV) 電気機器筐体	工業用ロボット (作業用ロボットのアーム等)	輸送機器(自動車、航空機等) (トランスミッション、ブレーキ、足回り部品) (エンジン、ボディ:自動車)	輸送機器(自動車、航空機等) (シート等内装部品:航空機) (圧縮機、構造部材、甲板:航空機)

環境対策

資源戦略

成型加工技術

表面処理

軽量構造材

出展:日本マグネシウム協会

SF₆に変わる防燃方法の開発

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



SF₆ガスは無色無臭で人体に無害だが、CO₂の約22,000 倍の地球温暖化効果がある。

- ① 燃えにくいMg合金の開発:Ca 添加によるマグネシウム合金の難燃化。
- ② SO₂ガスの再利用:人体に無害な保護雰囲気装置の開発が必要。
- ③ 防燃を必要としない成形プロセスの開発(超塑性、圧延、押出し、半熔融加工等)

フルオロケトン
In Ar or N₂

週40時間連日暴露しても健康上問題ないとされる濃度

生物に一定時間暴露した時、50%が死亡する濃度

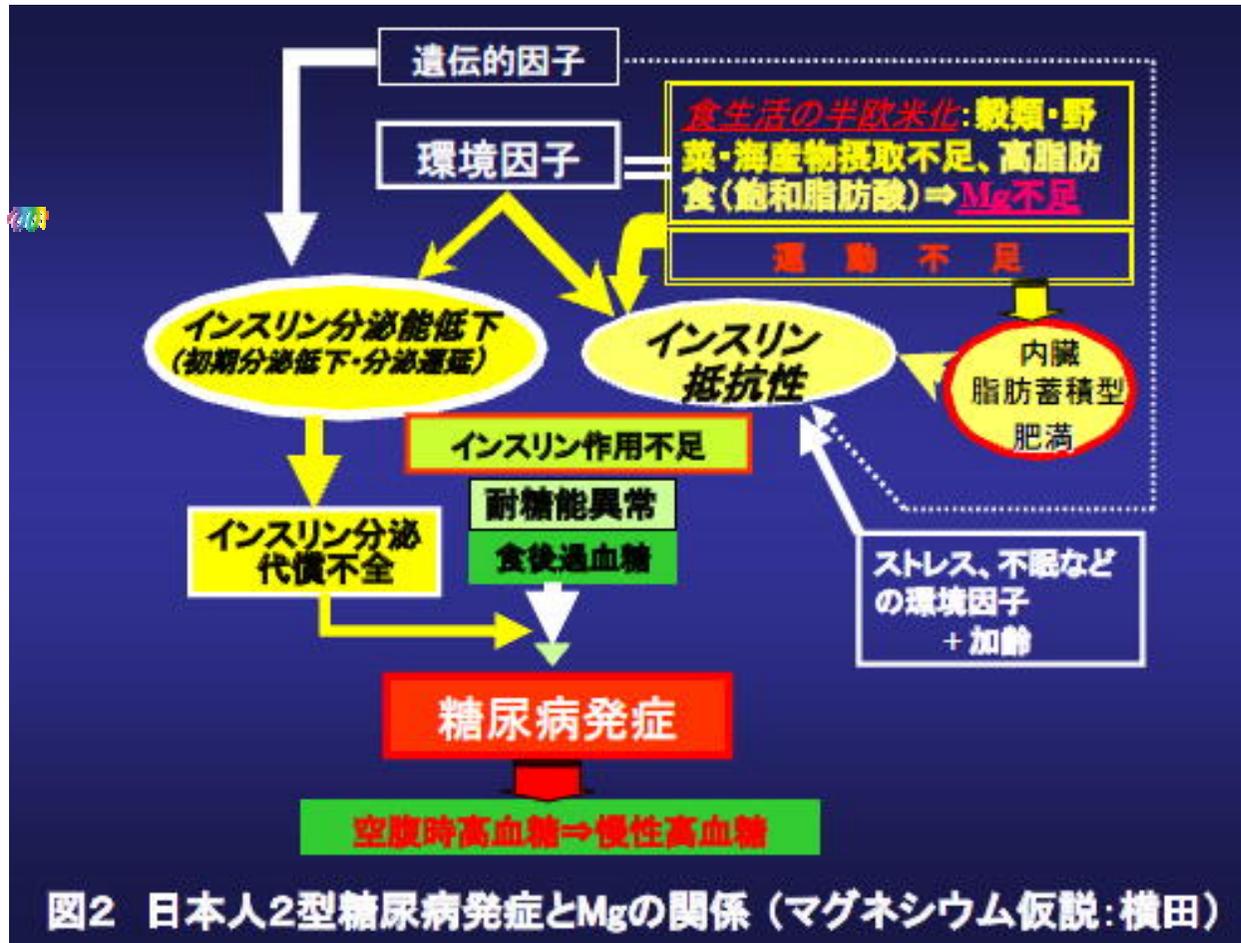
物質名	地球温暖化係数	許容濃度 / vol. %	LC50 / vol. %
エムジーシールド	1	150	>100,000
HFC134a (C ₂ H ₂ F ₄)	1,300	1,000	350,000
SO ₂		2	2,520
BF ₃		0.3	420
SF ₆	22,200	1,000	

マグネシウムと健康

ものづくり基礎講座『金属の魅力をみなおそう 第六回 マグネシウム』
2012. Nov.7 14:00~16:00 東北大学金属材料研究所 正橋直哉



- ① 300種類以上の酵素反応に補酵素として働き、殆どの生合成反応や代謝反応に必要。
- ② 循環器・筋収縮・神経伝達・骨代謝・体内酵素の機能維持。
- ③ Mg不足は、骨粗鬆症、神経・精神・心疾患、不整脈をおこす。メタボにも影響する。



日本生活習慣病予防協会
ホームページより

Thank you for attentions.



Kansai Center

東北大学 金属材料研究所 関西センター
sugiih@mydome.jp 06-6748-1023